

1. はじめに

従来、大規模・複雑な道路整備事業の組合せの中から、投資効果上最適な組合せを選択する場合、システムズ・アプローチの手法が採られているが、代替案の設定について定型化された手法がないため、技術者の経験的判断によって設定した代替案群の中から、比較・評価によって最適案を選択している。また比較にあたっては、代替案の特性値（インパクト）の間に差があれば、そのまま優劣を判定するための根拠として採用している。

しかし近年、道路整備事業の大規模・長期化に伴って、段階建設方式の採用が一般化しており、中長構成の中の特定の車線や、全体計画の中の一部区間の工事を先行して事業化するケースが多く見られる。このため事業プロジェクトの可能な組合せ数が増加し、経験的判断によって限定された数の代替案を設定することが困難となってきた。また設定された代替案群の中に、最適な組合せが欠落していた場合の問題や、分析から得られる特性値の妥当性の問題についても、検討する必要が生じている。

本研究は、以上のような現状認識のもとで、資金制約下における道路整備事業の組合せ代替案選択のプロセスに、実験計画法の一手法である直和法を応用することによって、代替案の設定・分析作業の合理化と、選択結果の客観的妥当性を高めることを目的として考察し、ケース・スタディを行ったものである。

2. 実験的探索による組合せ最適化のアプローチ

本研究においては、代替案の設定・分析作業を「代替案モデルによるシミュレーション実験」として位置づけ、この実験の効率化のために、実験計画法の「直交表」および「分散分析」の手法を応用する。

実験計画法では、 m 個の要因を x_i ($i=1, 2, 3, \dots, m$)、各要因 x_i のとり得る水準を ν_i としたとき、特性値 y_p が式(1)で表わされる構造を有するものとしている。

$$y_{\nu_1 \nu_2 \dots \nu_m} = \mu + \alpha_{\nu_1}^1 + \alpha_{\nu_2}^2 + \dots + \alpha_{\nu_m}^m + \sum_{\{i,j\} \in I} \alpha_{\nu_i \nu_j}^{i,j} + \varepsilon_{\nu_1 \nu_2 \dots \nu_m} \quad (1)$$

ここに μ : 平均効果, $\alpha_{\nu_i}^i$: 要因 x_i の水準 ν_i の場合の主効果, $\alpha_{\nu_i \nu_j}^{i,j}$: 要因 $x_i \times x_j$ の水準(ν_i, ν_j)に対する交互作用効果, I : 交互作用の生じ得る2因子の集合, ε_{ν} : 誤差,

問題は、実験により得られる特性値 y_p にもとづいて、分散分析により要因効果の抽出とパラメーターの推定を行うことである。この場合効率的に実験を行うために、直交表によって実験ケースが定められる。道路整備事業の組合せ代替案選択問題に対しては、以下のような手順で作業を進める。

i. 対象とする事業（バイパス等）を要因とし、水準としては道路の整備水準（使用・未使用、車線数、道路規格を採用）による。

表-1 対象路線・区間・整備水準

区間	水準数	区間・水準
A	2	一部供用(2段階)
B	2	2車・4車 供用
C	2	一部高速有・完成形
D	3	2車・4車・"
E	3	一部4車・4車・"
F	3	" " " "
G	2	4車・完成形
H	2	2車・4車
I	2	一部供用(2段階)
J	2	4車・完成形

ii. 直交表により要因と水準の組合せから成る代替案モデルを設定する。

iii. 代替案モデルによって実験（シミュレーション）を行い、特性値の分散分析によって要因効果の算出、有意性の検定およびパラメーターの推定を行う。

iv. 得られた結果から、整備水準を操作することによって整備効果を推計し、逐次多段階に最適な組合せを探索する。

なお、一般的に実験計画法においては、因子数と水準数から1個の直交表を選択して実験を行うが、本研究においては実験ケース数を限定する目的で、因子の組合・水準の変更等を行いながら、複数の直交表を利

用して逐次実験・分析を行う直和法を採用する。

3. ケース・スタディ

以下、S県における一般国道のバイパス10路線(A, B, ..., J)に関するケース・スタディについて述べる。

表-1に対象路線・整備水準を示す。整備水準は事業の進捗状況、外部環境等の下での実行可能な水準である。

表-2, 3の直交表[L₈]によって要因と水準のわりつけを行って、代替案モデルを設定する。本ケースにおいては2回の実験を行った。代替案モデルによって構成される道路ネットワークについて、交通量配分シミュレーションを行い、特性値(本ケースではi. 総走行時間短縮量[台・分] ii. 混雑度緩和効果[台・Km] iii. 環境改善効果[NO_x排出量・トン] iv. 人口アクセシビリティ改善効果[人/分])を求め、分散分析を行った。分析の結果から、特性値に対する効果の大きい要因(バイパス)の整備水準を操作することによって、最良の組合せを探索する。この場合各組合せによって推計される整備効果と事業費との関係を、散布図で示すことによって、資金制約下での実現可能な最適組合せを逐次多段的に求めることが可能となる。図-1に時間短縮効果の感度分析結果を、図-2に事業費と効果との散布図を示す。本ケースの場合、時間短縮効果最大という目的からはバイパスC, Dの効果が大きく、また資金制約を仮に1,000億円とした場合は、案5(バイパスCは高速部有, バイパスDは一般部4車線のみ)が最適であることが知られた。他の特性値についても同様な手法によって整備効果を最大とする実行可能なプロジェクトの組合せを求めた。

4. むすび

以上のとおり、従来技術者の経験的判断に依存していた代替案の設定・分析プロセスに、直和法を応用した逐次実験の手法を採用することにより、大規模・複雑な実際の事業について、多目的な組合せ代替案選択作業の改善が図られる見通しが得られた。今後さらに非計量的要因に関する拡張等についても検討したい意向である。

参考文献:

1) 田口玄一: 実験計画法上下, 昭和51年12月 丸善

2) 朝尾正, 安藤貞一, 橋正,

中村恒夫: 最新実験計画法

昭和54年2月 日科技連出版社

3) 森地 茂: 通勤鉄道ネット

ワーク決定方法に関する研究

土木学会論文報告集第254号,

1976年10月

4) 深井俊英: 道路整備計画の

立案・評価手法に関する考察

交通工学, Vol.17 No.6 1982

表-2 第1回目のわりつけ

因子 No.	(A ₁ B ₁) (A ₂ B ₂)	C ₁ C ₂	D ₁ D ₂	E ₁ E ₂	F ₁ F ₂	G ₁ G ₂	(I ₁ J ₁) (I ₂ J ₂)
1	1	1	1	1	1	1	1
2	1	1	1	2	2	2	2
3	1	2	2	1	1	2	2
4	1	2	2	2	2	1	1
5	2	1	2	1	2	1	2
6	2	1	2	2	1	2	1
7	2	2	1	1	2	2	1
8	2	2	1	2	1	1	2

表-3 第2回目のわりつけ

因子 No.	(A ₁ B ₂) (A ₂ B ₁)	C ₁ C ₂	D ₂ D ₃	E ₂ E ₃	F ₂ F ₃	H ₁ H ₂	(I ₁ J ₂) (I ₂ J ₁)
1	1	1	1	1	1	1	1
2	1	1	1	2	2	2	2
3	1	2	2	1	1	2	2
4	1	2	2	2	2	1	1
5	2	1	2	1	2	1	2
6	2	1	2	2	1	2	1
7	2	2	1	1	2	2	1
8	2	2	1	2	1	1	2

図-1 時間短縮効果に対する感度

(十万台・分)

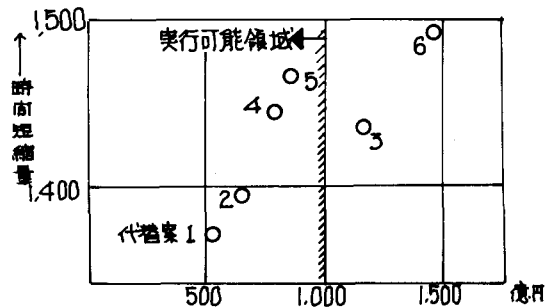


図-2 整備効果と事業費の散布図